

Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lyon

ANNÉE SCOLAIRE 1901-1902. — N° 20

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE

DES

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

Étude des modifications de la thermogénèse
et des produits de désassimilation.

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le mercredi 4 décembre 1901

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Adolphe-Désiré-Louis LECOMTE

Elève de l'École du Service de santé militaire

Né à Fouillois (Somme), le 22 octobre 1877

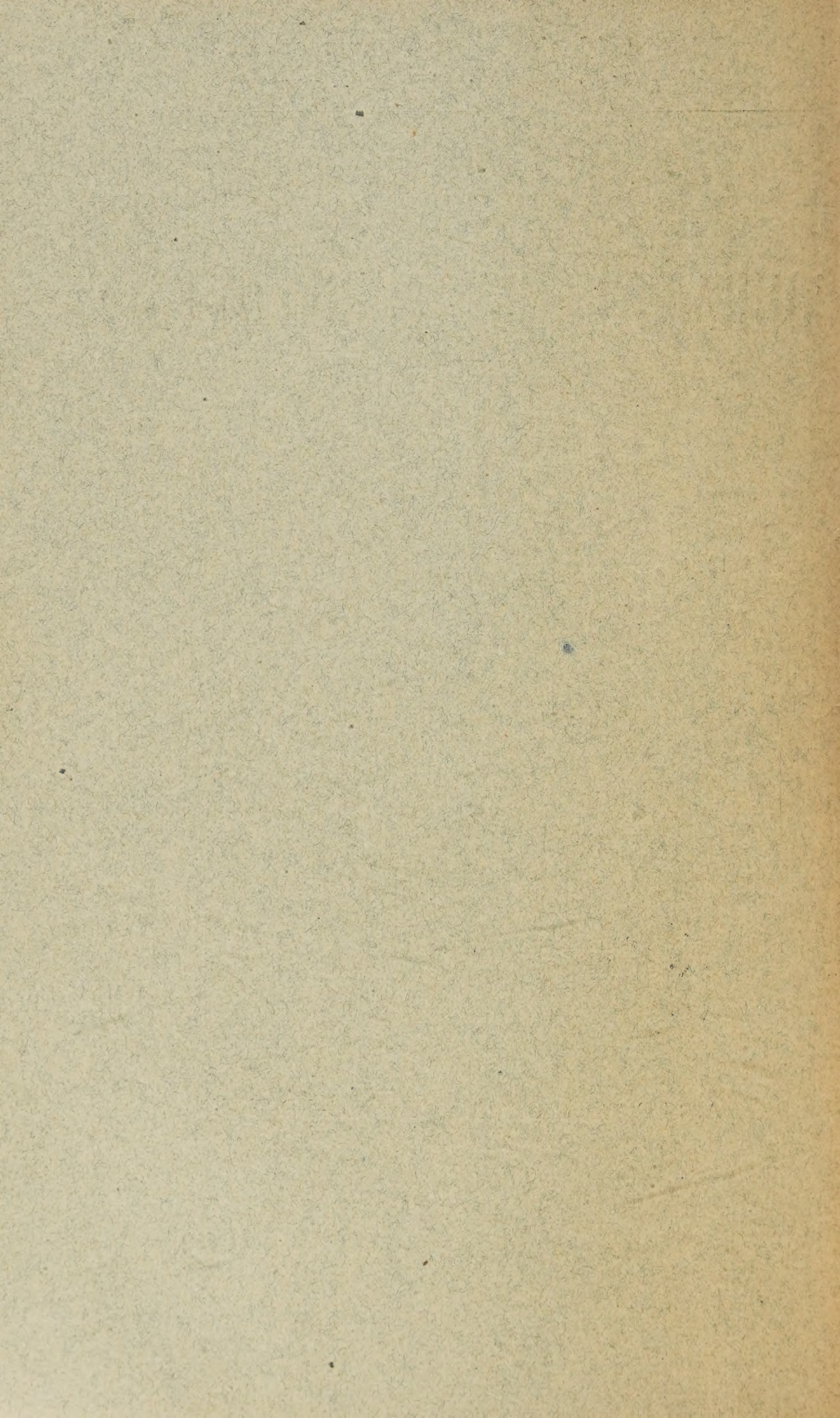


LYON

A. STORCK & C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

8, rue de la Méditerranée

—
1901



Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lyon

ANNÉE SCOLAIRE 1901-1902. — N° 20

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE

DES

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

Étude des modifications de la thermogenèse
et des produits de désassimilation.

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le mercredi 4 décembre 1901

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Adolphe-Désiré-Louis LECOMTE

Elève de l'École du Service de santé militaire

Né à Fouilloy (Somme), le 22 octobre 1877



LYON

A. STORCK & C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
8, rue de la Méditerranée

1901

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET	DOYEN.
LACASSAGNE	ASSESEUR.
CROLAS	QUESTEUR.

Professeurs honoraires

MM. PAULET, CHAUVEAU.

Professeurs

	MM.
Cliniques médicales	{ LÉPINE. BONDET. BARD. PONCET. X.
Cliniques chirurgicales	{ FOCHIER. GAYET. GAILLETON. PIERRET. WEILL. MONOYER. HUGOUNENQ. CAZENEUVE. FLORENCE. LORTET. TESTUT. RENAUT. MORAT. TEISSIER. AUGAGNEUR. MAYET. TRIPIER. POLLOSSON (Maurice). ARLOING. LACASSAGNE COURMONT (J.). SOULIER. CROLAS.
Clinique obstétricale et Accouchements	
Clinique ophtalmologique	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	
Clinique des maladies mentales	
Clinique des maladies des enfants	
Physique médicale	
Chimie médicale et pharmaceutique	
Chimie organique et Toxicologie	
Matière médicale et Botanique	
Parasitologie	
Anatomie	
Anatomie générale et Histologie	
Physiologie	
Pathologie interne	
Pathologie externe	
Pathologie et Thérapeutique générales	
Anatomie pathologique	
Médecine opératoire	
Médecine expérimentale et comparée	
Médecine légale	
Hygiène	
Thérapeutique	
Pharmacologie	

Professeur adjoint

Clinique des maladies des femmes	M. LAROYENNE.
--	---------------

Chargés de cours complémentaires

Maladies des voies urinaires	MM. CHANDELUX.	agrégé
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS.	—
Propédeutique médicale	ROQUE.	—
Propédeutique chirurgicale	GANGOLPHE.	—
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN.	—
Anatomie pathologique	DEVIC.	—
Physiologie	DOYON.	—
Accouchements	FABRE.	—
Botanique	BEAUVISAGE.	—

Agrégés

MM.	MM.	MM.	MM.
BEAUVISAGE	VALLAS	NOVÉ-JOSSERAND	CHATIN
ROUX	SIRAUD	BERARD	VILLARD
COLLET	DURAND	SAMBUC	TIXIER
BOYER	PIC	BORDIER	FABRE
BARRAL	PAVIOT	COURMONT (P.)	REGAUD
MOREAU			

M. BEAUDUN, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. TEISSIER, président; SAMBUC, assesseur;
MM. BORDIER et CHATIN, agrégés.

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

Je dédie ce travail comme hommage de reconnaissance

A MES GRANDS-PARENTS

A MES FRÈRES

A MES AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur TEISSIER

A Monsieur le Professeur agrégé BORDIER

INTRODUCTION

Le travail que nous présentons comme sujet de thèse inaugurale est, on peut le dire, tout à fait d'actualité: sur les conseils de M. le professeur agrégé Bordier, nous avons cherché quelle était l'action des courants de haute fréquence sur la calorification et les produits de désassimilation.

Lorsque nous commençâmes nos recherches, au mois de janvier 1900, les courants de haute fréquence étaient déjà employés comme moyen thérapeutique dans une foule d'affections diverses. C'est pourquoi nous avons pensé qu'il était bon, pour éclairer les effets thérapeutiques obtenus avec cette modalité électrique, de rechercher quelle était son action physiologique, au moyen d'une étude expérimentale faite sur l'animal.

Les expériences que comportait cette recherche ont été poursuivies par nous pendant deux ans au laboratoire de physique biologique de la Faculté de

Lyon ; l'exposé de nos résultats est le but de ce travail qui comprendra trois chapitres :

- 1° Production des courants de haute fréquence ;
- 2° Action physiologique des courants ;
- 3° Expériences personnelles.

Mais avant d'entrer en matière, qu'il nous soit permis d'adresser nos remerciements à M. le professeur Teissier, qui a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de notre thèse.

Que M. le professeur agrégé Bordier reçoive l'assurance de notre profonde gratitude pour les conseils éclairés qu'il n'a cessé de nous prodiguer durant notre séjour au laboratoire de physique.

CHAPITRE PREMIER

PRODUCTION DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

Le terme de haute fréquence est employé pour définir des courants alternatifs dont le nombre de périodes excessivement élevé peut atteindre plusieurs millions par seconde.

Les courants alternatifs subissant des variations régulières, c'est-à-dire partant de zéro pour atteindre un maximum positif, puis revenant à zéro pour croître ensuite dans le sens négatif, revenir à zéro et ainsi de suite, on définit la *fréquence* par le nombre d'oscillations soit positives, soit négatives que subit le courant dans l'unité de temps, et la *période* est la fraction de temps comprise entre deux oscillations de même sens. On voit donc que le nombre qui mesure la fréquence, c'est-à-dire le nombre d'oscillations par seconde, est le double du nombre de périodes pendant le même temps.

Trois dispositifs différents peuvent être employés pour produire des courants à ondes périodiques. Ce sont :

- 1° La bobine de Ruhmkorff ;
- 2° Un alternateur sans fer ;
- 3° La décharge oscillante d'un condensateur.

1° *Bobine*. — La bobine de Ruhmkorff est un instrument peu propre à cet usage ; on peut à peine obtenir 2.000 fréquences par seconde, quel que soit l'interrupteur que l'on emploie. Cela tient à ce que, si le fer doux du noyau se désaimante rapidement, il demande au contraire un temps assez long pour s'aimanter, et ce temps d'aimantation limite rapidement le nombre des ondes qu'on peut obtenir.

2° *Alternateur*. — Les appareils produisant des courants par variation d'aimantation du fer sont donc à rejeter. On arrive à ce résultat par l'emploi d'un alternateur tel que celui de d'Arsonval dont le dispositif avait été indiqué par Gramme en 1870. Cet appareil se compose d'un inducteur et d'un induit. L'inducteur est formé d'une bobine cylindrique en fer, munie de deux grandes joues en fer de 50 centimètres de diamètre. Cette bobine peut tourner rapidement autour de son axe, montée sur pointes. Autour de cet axe est enroulé un fil de cuivre isolé qui, traversé par un courant constant, polarise une joue nord et l'autre sud. A la face interne des joues et près de leur bord sont implantées 100 chevilles en fer qui se font vis-à-vis deux à deux, en laissant

entre chaque couple nord-sud un petit espace libre d'un centimètre environ. Dans cet espace, on maintient, au moyen d'un support fixe, une petite bobine circulaire, sans fer, ayant la forme d'une galette, constituant le circuit induit. En mettant la grosse bobine en mouvement, chaque paire de pôles qui passe devant la bobine fixe y induit une double onde sinusoïdale.

On a autant de périodes par tour qu'il y a de paires polaires sur la bobine en fer. Avec cet appareil on a pu atteindre 10.000 alternances par seconde.

3° *Décharge des condensateurs.* — Dans ce procédé on utilise une propriété spéciale de l'étincelle de décharge des condensateurs : c'est le phénomène découvert par Feddersen et étudié vers 1850 par Helmholtz et sir W. Thomson (aujourd'hui lord Kelvin) qui en ont donné la loi mathématique. Ce phénomène, employé par l'illustre physicien Hertz pour produire des oscillations extrêmement rapides, consiste en ceci : si l'on opère la décharge d'une bouteille de Leyde au moyen d'un conducteur, deux cas très différents peuvent se présenter suivant les valeurs relatives de la capacité C , du coefficient de self-induction L et de la résistance R du système.

Si l'on a $R > \sqrt{\frac{4L}{C}}$, la décharge est continue ; dans le cas contraire elle est oscillatoire, les oscillations sont isochrones et leur amplitude décroît suivant les termes d'une progression géométrique. Le mouvement des liquides dans les vases communi-

quants fait bien comprendre ce qui se passe avec la bouteille de Leyde. Suivant la résistance offerte au mouvement du liquide, le niveau reprend sa position d'équilibre, ou bien d'une manière lente et sans la dépasser, ou à la suite d'une série d'oscillations à amplitude décroissante qui absorbent toute l'énergie par suite de frottements.

Lorsque la résistance du conducteur parcouru par la décharge est négligeable, la durée d'une oscillation est donnée par la formule de Thomson $T = 2\pi \sqrt{LC}$, en fonction de la capacité C et de la self-induction L du système. On peut donc donner à T les valeurs les plus différentes en faisant varier L et C. Hertz a atteint comme valeur minima de T un billionième de seconde.

Elihu Thomson et Tesla ont combiné des appareils permettant d'obtenir facilement ces oscillations. Mais pour les applications médicales, il est préférable d'employer le dispositif suivant dû à M. le professeur d'Arsonval.

Les armatures internes de deux bouteilles de Leyde montées en cascade sont réunies chacune à l'un des pôles d'une source d'électricité à haut potentiel (machine statique, bobine de Ruhmkorff ou transformateur industriel). Les armatures externes sont réunies entre elles par un solénoïde formé de quelques tours d'un gros fil de cuivre. Chaque fois qu'une étincelle éclate entre les armatures internes, dans ce solénoïde prennent naissance des courants extrêmement énergiques, d'une tension très élevée, comparable à celle de la machine statique.

Ce sont ces courants qu'on désigne sous le nom de courants à haute fréquence.

Dans certains cas, si la tension obtenue avec cet appareil ne semble pas suffisante, on peut l'augmenter à l'aide du dispositif de Tesla, qui consiste à faire agir par induction le solénoïde à gros fil sur un second solénoïde d'un fil plus fin, et placé à l'intérieur du premier sans aucune connexion avec lui. Mais dans ce cas la tension est telle que l'isolement devient insuffisant, et qu'il faut noyer dans l'huile de naphte la bobine formée par les deux solénoïdes, ce qui complique le dispositif.

Aussi est-il bien préférable de faire agir le solénoïde à gros fil sur un second solénoïde placé à la suite du premier et pour ainsi dire juxtaposé. Celui-ci a été appelé par Oudin résonateur. Il est préférable de lui donner le nom de solénoïde à haute tension (Bordier).

L'augmentation de la tension électrique se manifeste par la production d'une aigrette, pouvant atteindre des dimensions considérables, à l'extrémité libre du solénoïde à haute tension.

Pour utiliser les courants de haute fréquence à tension surélevée, on relie à cette extrémité libre l'excitateur qui doit servir à faire les applications monopolaires.

CHAPITRE II

ACTION PHYSIOLOGIQUE DES COURANTS

Pour étudier l'action physiologique des applications générales des courants de haute fréquence, trois modes différents peuvent être employés :

1° Faire traverser directement le sujet en expérience par ces courants à l'aide d'électrodes appropriées. Méthode de l'application directe.

2° Agir par condensation. Le sujet, relié à l'un des pôles du solénoïde, constitue l'une des armatures d'un condensateur ; l'autre armature est très voisine de la première, mais en est séparée par un diélectrique. Méthode du lit condensateur.

3° Une troisième méthode consiste à enfermer le sujet dans l'intérieur d'un solénoïde à haute fréquence, mais sans aucun contact avec lui. C'est la méthode de l'auto-conduction.

EFFETS GÉNÉRAUX

On sait, depuis les premières recherches de d'Arsonval, que les effets généraux des courants de haute fréquence sont identiques, quelle que soit la méthode

employée pour leur application ; seule leur intensité diffère.

Ces effets généraux se répartissent en actions :

- 1° Sur les nerfs sensitifs ;
- 2° Sur les nerfs moteurs ;
- 3° Sur les vaso-moteurs ;
- 4° Sur les combustions ;
- 5° Sur les microorganismes.

1° et 2° *Action sur les nerfs sensitifs et moteurs.*

— Dès les premières expériences on remarqua cette curieuse propriété que possèdent les courants de haute fréquence de traverser l'organisme sans provoquer ni sensation douloureuse, ni réaction motrice, malgré une intensité formidable. Les expériences de d'Arsonval (1893) sont maintenant classiques : six lampes de 125 volts et 0,8 ampère étaient placées en circuit avec plusieurs individus. Les extrémités de ce circuit étant reliées aux deux pôles du solénoïde à haute fréquence, les lampes s'allumaient quand passait le courant, sans que les expérimentateurs ressentissent la moindre impression. La quantité d'énergie traversant le circuit était de $900 \text{ volts} \times 0,8 \text{ ampère} = 720 \text{ watts}$, suffisante pour foudroyer un homme si elle traversait l'organisme sous forme de courant alternatif de faible fréquence.

Elihu Thomson signale l'année suivante, à l'Association américaine d'électrothérapie, l'absence de sensations d'un homme soumis à un courant de 10.000 alternances par seconde malgré une force

électromotrice de 100 à 200.000 volts. Cette absence de sensations s'expliquerait par l'hypothèse de d'Arsonval, qui assimile les nerfs moteurs et sensitifs aux nerfs sensoriels, lesquels ne peuvent répondre qu'à des excitations de fréquence déterminée, variable pour chacun d'eux. Si la fréquence des excitations dépasse la limite perceptible au nerf, celles-ci ne sont plus perçues.

3° *Action sur les vaso-moteurs.* — Si les nerfs sensitifs et moteurs ne réagissent pas, les nerfs vaso-moteurs, au contraire, sont éminemment excitables par les courants de haute fréquence. Sous leur action, on voit chez le lapin les vaisseaux de l'oreille se dilater très rapidement comme après la section du sympathique. Un peu plus tard cette dilatation est suivie d'une constriction énergique. Le sphymographe de Marey et le sphymomanomètre accusent chez l'homme un résultat identique. Les auteurs qui se sont occupés de la question sont d'accord sur ce point : Moutier, se servant du résonateur Oudin, déclare avoir obtenu une élévation considérable : en produisant des étincelles ou même des effluves, à l'aide de l'excitateur de cet appareil, le long de la colonne vertébrale chez l'homme, et en opérant de haut en bas il obtient une élévation de la pression artérielle de 4 à 8 centimètres de mercure, et cette pression est obtenue très rapidement.

Eulenburg, par les procédés ordinaires d'application des courants, signale une augmentation de 3 centimètres de mercure de la pression artérielle.

Maffei constate également une vaso-constriction suivie d'une vaso-dilatation chez l'homme,

4° *Action sur les échanges nutritifs.* — L'action la plus remarquable des courants de haute fréquence, c'est l'activité extraordinaire qu'ils impriment aux échanges nutritifs. On peut démontrer cette action de trois façons différentes.

A. — En analysant chez l'homme et les animaux les produits de la combustion respiratoire avant et après l'action de la haute fréquence, on voit augmenter dans des proportions considérables l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis par la respiration dans l'unité de temps.

En opérant sur lui-même, d'Arsonval a constaté que ce volume passait chez lui de 17 litres à 37 litres à l'heure.

Ce résultat est signalé aussi par Eulenburg, mais Querton, dans sa communication au Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des sciences (Boulogne-sur-Mer 1899), déclare n'avoir pas pu obtenir, par l'emploi des hautes fréquences chez le cobaye, la moindre augmentation du volume d'acide carbonique expiré.

On peut se rendre compte également de l'augmentation des combustions par l'analyse des déchets urinaires. Ce procédé a été tout d'abord employé par d'Arsonval sur les malades du service de Charrin. Les dosages effectués sur les urines des sujets traités par la haute fréquence montrent une régularisation

de la diurèse, l'augmentation des matières extractives et en particulier de l'urée, et l'augmentation du coefficient uro-toxique.

Morton, en 1893, déclarait avoir constaté chez le rhumatisant chronique la diminution de l'acide urique et l'augmentation de l'urée sous l'influence des hautes fréquences.

Apostoli et Berlioz ont communiqué au Congrès de Moscou les résultats de leurs recherches ; ils ont pu constater, disent-ils :

1° L'amélioration de la diurèse et l'élimination plus facile des excréta ;

2° La suractivité plus grande des combustions organiques.

3° La tendance du rapport de l'acide urique à l'urée à se rapprocher du chiffre de 1/40, moyenne normale.

Par le traitement au lit condensateur, la quantité des urines a été légèrement augmentée ; de plus l'urée, l'acide urique, l'acide phosphorique et les chlorures se sont notablement accrus.

Reale et de Renzi ont mis en évidence l'augmentation des oxydations organiques dues aux courants de haute fréquence en démontrant que, sous leur influence, il se produit une diminution du soufre neutre incomplètement oxydé, qui se trouve dans l'urine. — Ces auteurs ont dosé l'acide oxyprotéique récemment découvert par Bondzunski et Gottlieb, acide qui, selon toute probabilité, représente la portion principale du soufre neutre. — Ils ont noté que la proportion de ce composé diminuait de moitié pendant le traitement par la haute fréquence.

D'après eux, ces courants ont en outre une action manifeste sur la nucléine, puisqu'ils provoquent une augmentation simultanée de l'acide urique et de l'acide phosphorique.

Enfin un grand nombre d'observateurs ont confirmé ces résultats. — Apostoli et Laquerrière notamment ont signalé l'action thérapeutique des courants de haute fréquence dans l'arthritisme.

Vinaj et Vietti dans leurs recherches expérimentales sur l'homme sain ont noté les résultats suivants après le traitement par la haute fréquence.

1° Des phénomènes subjectifs consistant en une augmentation de l'appétit et une sensation de vigueur plus grande.

2° La quantité d'urine a subi des variations insignifiantes, sauf pour l'un des sujets chez lequel elle a diminué, cette diminution pouvant être expliquée par la sudation abondante survenue chez ce sujet.

3° L'acidité urinaire qui avait augmenté pendant le traitement est retombée ensuite au-dessous de sa valeur habituelle. Cette augmentation de l'acidité urinaire serait, d'après les auteurs, l'indice d'un accroissement du métabolisme des substances protéiques, donnant lieu à une hyperproduction de sels acides.

4° L'élimination de l'azote total et de l'urée a été considérablement augmentée pendant la période de traitement ; elle est revenue sensiblement à sa valeur normale après la cessation des applications de haute fréquence.

5° L'élimination des phosphates a suivi les mêmes modifications.

Tout récemment MM. Denoyès, Martre et Rouvière ont repris ces expériences dans des conditions de régime aussi rigoureuses que possible.

Il résulte de leurs recherches que pendant les périodes de traitement, il y a augmentation du volume de l'urine, de l'urée, de l'acide urique, de l'azote total, des phosphates, des sulfates et des chlorures éliminés en vingt-quatre heures. Les coefficients azoturique et urotoxique sont aussi augmentés. Cette augmentation est variable suivant les sujets. Elle s'est maintenue, mais moins considérable, pendant les trois jours qui ont suivi la cessation du traitement.

Les résultats qu'ils ont obtenus sont résumés dans le tableau ci-après, page 46.

B. — La suractivité des combustions organiques peut encore être mise en évidence par la mesure de la chaleur dégagée par le corps. D'Arsonval l'a montré le premier à l'aide de l'anémo-calorimètre.

Cet appareil est constitué par un manchon de drap dans lequel se place le sujet. Ce manchon se termine à la partie supérieure par un disque de bois portant une cheminée, sur laquelle on ajuste un anémomètre très sensible. Sous l'influence de la chaleur dégagée par le corps de l'individu, un courant d'air s'établit dans l'appareil, et l'anémomètre en mesure le débit. — L'appareil étant gradué à l'aide d'une source de chaleur connue, on peut, en comptant le nombre de tours de l'anémomètre en un temps donné, déterminer par un calcul simple la chaleur dégagée par le sujet en expérience.

TABEAU I
Variation des éléments de l'urine sous l'influence des courants de haute fréquence.
DENOVÈS, MARTRE et ROUVIÈRE (*Archives d'Électrothérapie médicale*, 15 octobre 1904).

Sujet A, 25 ans, 1 m. 66.								
Volume.	Chlorures en NaCl.	Phosphates en P ² O ⁵ .	PREMIÈRE PÉRIODE. — Dosage préliminaire.			Azote total.	Rapport Az. u. Az. t.	Coefficient utroxygène
			Sulfates en SO ³ .	Urée.	A. urique.			
1515	11,22	3,32	2,97	33,40	0,962	17,22	0,906	0,390
1634	12,66	3,63	DEUXIÈME PÉRIODE. — Pendant le traitement.			18,33	0,937	0,594
			3,64	36,73	1,142			
1606	12,57	3,34	TROISIÈME PÉRIODE. — Après cessation du traitement.			17,20	0,948	0,485
			2,80	34,92	1,091			
Sujet B, 24 ans, 1 m. 61.								
Volume.	Chlorures en NaCl.	Phosphates en P ² O ⁵ .	PREMIÈRE PÉRIODE. — Dosage préliminaire.			Azote total.	Rapport Az. u. Az. t.	Coefficient utroxygène
			Sulfates en SO ³ .	Urée.	A. urique.			
1283	14,42	2,77	2,64	31,64	1,079	15,87	0,933	0,317
1334	15,71	3,027	DEUXIÈME PÉRIODE. — Pendant le traitement.			17,89	0,946	0,396
			3,18	36,23	1,318			
1262	16,89	3,05	TROISIÈME PÉRIODE. — Après cessation du traitement.]			17,64	0,952	0,349
			3,46	35,98	1,302			
Sujet C, 24 ans, 1 m. 70.								
Volume.	Chlorures en NaCl.	Phosphates en P ² O ⁵ .	PREMIÈRE PÉRIODE. — Dosage préliminaire.			Azote total.	Rapport Az. u. Az. t.	Coefficient utroxygène
			Sulfates en SO ³ .	Urée.	A. urique.			
1404	11,10	3,42	2,54	34,96	1,104	17,70	0,923	0,442
1414	12,39	3,33	DEUXIÈME PÉRIODE. — Pendant le traitement.			18,15	0,953	0,480
			3,09	37,01	1,228			
1284	14,54	3,20	TROISIÈME PÉRIODE. — Après cessation du traitement.			17,85	0,941	0,463
			2,96	36,45	1,150			

D'Arsonval a trouvé sur lui-même que la chaleur dégagée passait de 79 cal. 6. à 127,4 calories-heure après exposition aux courants de haute fréquence.

Malgré cette augmentation des combustions respiratoires, la température centrale de l'organisme s'élève à peine, car l'excédent de chaleur est perdu par rayonnement et évaporation, par suite de l'action simultanée des courants de haute fréquence sur les vaso-moteurs.

Bonniot, opérant sur l'enfant, par la méthode du lit condensateur, constate une augmentation de la chaleur dégagée, mais cette augmentation était constamment précédée d'une brusque diminution.

C. — On peut encore mettre en évidence les mêmes faits, en mesurant par la balance la perte de poids subie par les animaux; voici le résultat des expériences de d'Arsonval :

Tandis qu'un cobaye à l'état normal perd 6 grammes de son poids en seize heures, il en perd 30 dans le même temps sous l'influence des hautes fréquences.

Un second cobaye, qui perdait 6 grammes en cinq heures à l'état normal en a perdu 24 dans le même temps quand il était soumis aux courants de haute fréquence.

Un lapin a perdu 48 grammes en huit heures pendant le passage du courant, et 25 grammes seulement le même temps, à l'état normal.

Nous savons donc, dès maintenant, que sous l'influence de l'électrisation générale de l'organisme

par les courants de haute fréquence, il se produit trois phénomènes principaux.

1° Absence de réaction des nerfs moteurs et sensitifs ;

2° Réaction des nerfs vaso-moteurs, produisant une vaso-dilatation, bientôt suivie de contraction ;

3° Exagération de l'activité des échanges nutritifs.

5° *Action sur les microorganismes.* — L'action des courants de haute fréquence sur les microorganismes et leurs toxines a été démontrée par les expériences de d'Arsonval et Charrin. Ces expériences portèrent tout d'abord sur le bacille pyocyanique, dont les cultures furent soumises aux courants de haute fréquence. Dans ces conditions, ces auteurs constatèrent une atténuation de la virulence du bacille survenant en quelques minutes. La fonction chromogène est d'abord supprimée ; puis, si l'expérience dure une demi-heure, on arrive à tuer le bacille.

Expérimentant ensuite sur les toxines des bacilles pyocyanique et diphtérique, d'Arsonval et Charrin injectèrent à des animaux ces toxines préalablement soumises à l'action des courants de haute fréquence. Ils remarquèrent que les effets nocifs, constatés chez des animaux témoins ayant reçu une injection de toxine non électrisée, ne se produisaient pas chez les premiers après l'injection de la même dose de toxine électrisée.

De plus ces animaux, ayant survécu, résistèrent quelques jours après à une dose habituellement mortelle de la même toxine.

D'Arsonval et Charrin posèrent les conclusions suivantes :

Que la haute fréquence atténue les bacilles et les toxines microbiennes ;

Que les toxines ainsi atténuées augmentent la résistance des animaux auxquels on les injecte, c'est-à-dire deviennent des antitoxines.

Marmier fit à ces expériences l'objection que les toxines n'étaient atténuées que grâce à l'élévation de température qui résultait du passage des courants. Mais d'Arsonval démontra que jamais, dans aucun cas, la température des cultures traversées par le courant ne s'élevait au-dessus de 37°.

D'autres expériences, instituées par d'Arsonval et Phisalix, démontrèrent également que les venins de la vipère et du cobra se comportaient comme les toxines microbiennes vis-à-vis des courants de haute fréquence et subissaient une atténuation.

Or, pour détruire le venin du cobra, il faut le chauffer pendant trois heures à + 150°, c'est-à-dire à une température qu'on ne saurait atteindre en opérant à l'air libre à la pression normale. L'action atténuatrice est donc bien due aux courants eux-mêmes.

Par le même procédé, Dubois obtint une atténuation de la toxine streptococcique, et Bonone et Viola réussirent à en produire l'antitoxine.

EFFETS LOCAUX.

Étudions maintenant quels sont les phénomènes locaux qui se produisent lorsqu'on soumet une partie quelconque du corps aux étincelles ou aux effluves produites par le solénoïde à haute tension.

1° Action sur les nerfs sensitifs.

Si l'on applique les courants de haute tension sur la peau à l'aide d'un petit tampon presque sec ou mieux d'un pinceau de fils métalliques, il se produit entre l'électrode et la peau une pluie de petites étincelles donnant la sensation de picotement léger. Après quelques minutes de passage du courant, les téguments sont anesthésiés.

Cette anesthésie déjà signalée par d'Arsonval, puis par Oudin et par Eulenburg est, il est vrai, très superficielle et peu durable; la thérapeutique en a tiré cependant un grand parti. En effet, l'anesthésie ne s'obtient pas seulement à l'état physiologique normal, mais dans une foule d'affections diverses.

Doumer, puis Zimmermann et Laquerrière ont fait disparaître dans un laps de temps très court l'élément douleur si important dans les cas de fissure sphinctérale.

Oudin, puis Régnier et Diddsbury ont pu, après l'application des courants de haute fréquence, enlever sans aucune douleur des molaires à pulpe enflammée, c'est-à-dire dans des conditions très défavorables.

Essayées par Doumer dans des cas d'hémorroïdes douloureuses, dans la blennorrhagie et ses complications, les hautes fréquences ont toujours amené une cessation rapide des douleurs.

Vizzioli signale un cas de tuberculose de la prostate accompagnée de fortes douleurs prostatiques et vésicales, sur lesquelles les courants de haute fréquence ont eu une grande action sédative.

Le même résultat fut obtenu dans plusieurs cas de névrite par Denoyès et Lagriffoul.

Enfin Sudnik, de Buenos-Ayres, a rapporté un cas dans lequel une luxation de l'épaule put être réduite, grâce aux courants de haute fréquence qui firent cesser la contracture.

2° Action sur les nerfs moteurs.

On sait d'après les expériences de d'Arsonval que les courants de haute fréquence traversant un circuit fermé dont fait partie un individu ne provoquent chez lui aucune contracture musculaire. Il n'en est plus de même dans les applications locales. Si le courant est interrompu en un point, il se produit une étincelle à chaque rupture, et si cette étincelle se produit sur un muscle, elle détermine une contraction de ce muscle.

Ce n'est pas seulement l'étincelle qui détermine la contracture musculaire. En effet W. Einthoven, qui a étudié expérimentalement l'excitation nerveuse par les courants de haute fréquence sur le nerf mis à nu, arrive aux conclusions suivantes :

1° L'auteur déclare avoir démontré pour la première fois qu'un courant alternatif d'environ un million de périodes par seconde est capable d'exciter un nerf ;

2° L'intensité de la contraction croît suivant l'intensité du courant appliqué au nerf, mais seulement jusqu'à un maximum qu'elle ne peut dépasser. L'excitation par les courants de haute fréquence ne se distingue pas à ce point de vue des autres modes d'excitation électrique ;

3° La valeur de l'intensité du courant de haute fréquence suffisante pour obtenir par excitation du nerf une contraction musculaire est étonnamment grande. Dans un nerf donné, pour un courant de 880.000 périodes par seconde, l'intensité moyenne exigée était de 9,65 milliampère. Le même nerf réagissait à la fermeture d'un courant continu ascendant ou descendant de 0,595 micrampère (1) et par conséquent 16.250 fois plus faible.

3° *Action sur les vaso-moteurs.*

L'action locale des courants de haute fréquence sur les nerfs vaso-moteurs ne diffère pas de leur action générale. Si l'on fait éclater quelques étincelles sur la peau, celle-ci s'anémie, devient d'un blanc crayeux, en même temps que les muscles érecteurs des poils se contractent, produisant le phénomène de la chair de poule. Cet état d'anémie

(1) Un micrampère $\doteq$ 1/1000 de milliampère.

dure une ou deux minutes ; puis l'érection papillaire disparaît et à l'anémie du début succède une teinte érythémateuse qui persiste plus ou moins longtemps, selon la durée de l'application du courant.

Cet érythème peut même aller jusqu'à la vésication, avec une intensité assez forte et une durée d'application un peu prolongée au même point.

On peut également constater après une action prolongée de l'effluve ou de l'étincelle de haute tension des lésions analogues à celles que l'on a observées dans certains cas après l'exposition aux rayons X.

Tels sont les principaux effets des courants de haute fréquence. Le but de ce travail a été de vérifier expérimentalement sur le lapin quelques-unes de ces propriétés. L'exposé de nos expériences et les résultats que nous avons obtenus feront l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCES PERSONNELLES

I. — DESCRIPTION DES APPAREILS

1° *Appareil producteur des courants.*

Nous avons employé, dans nos expériences, pour la production des courants de haute fréquence, l'appareil dont le principe a été indiqué par d'Arsonval et qui utilise la décharge oscillante des condensateurs.

Le courant primaire nous était fourni sous forme de courant continu à 120 volts (secteur de la Compagnie du gaz de Lyon) et actionnait une bobine de Ruhmkorff puissante (modèle de Gaiffe pouvant donner 55 centimètres d'étincelle). Le circuit primaire de cette bobine absorbait environ 15 ampères pendant la marche de l'appareil.

2° *Interrupteur.* Dans le circuit primaire était intercalé un interrupteur électrolytique de Wehnelt, modèle Armagnat-Carpentier, modifié suivant les indications de M. le professeur agrégé Bordier.

On sait que le modèle primitif de Wehnelt est constitué de la façon suivante : Dans un vase de verre renfermant de l'eau acidulée à l'acide sulfurique, de densité 1,10 à 1,20, plongent une lame de plomb reliée au pôle négatif de la source d'électricité, et un tube de verre coudé à angle droit et rempli de mercure, à l'extrémité duquel est soudé un fil de platine dépassant de quelques millimètres à l'intérieur et à l'extérieur du tube. Le mercure est relié, au moyen d'un fil qui y plonge, au pôle positif de la source.

En établissant le dispositif sur le circuit primaire d'une bobine et en l'alimentant par un courant d'intensité progressivement croissante, les phénomènes observés varient suivant l'intensité. On a d'abord :

1° Des phénomènes d'électrolyse simple ;

2° On constate un bruit strident, et une gaine lumineuse autour du fil de platine ; le courant est alors interrompu, et les interruptions sont rapides et nombreuses ;

3° Enfin, avec une intensité plus grande encore, il y a destruction de l'électrode positive.

En s'arrêtant à la deuxième phase, on obtient au secondaire de la bobine un nombre d'étincelles considérable.

L'emploi de cet appareil augmente dans de grandes proportions le rendement de la bobine, tant au point de vue du potentiel induit qu'à celui du nombre des interruptions en un temps donné. En effet Wehnelt est arrivé à dépasser 1.700 interruptions par seconde, ce qui serait impossible à réaliser mécaniquement.

Le modèle Armagnat-Carpentier présente sur le

modèle primitif l'avantage d'être réglable ; pour cela, l'électrode positive est constituée par une vis en plomb à l'extrémité de laquelle est soudé un fil de platine d'environ 3 centimètres de longueur et 1 mm. 5 de diamètre. Le fil de platine est isolé par un tube de verre jusqu'en un point, réglable au moyen de la vis en plomb, et plus ou moins éloigné de l'extrémité. Le tube de verre (tube à essai percé d'un trou) est fixé à un écrou dans lequel se meut la vis en plomb, de sorte qu'en agissant sur la tête de cette vis, on règle l'électrode à la longueur voulue. L'effet maximum est atteint en général avec une longueur de 3 à 4 millimètres.

Le perfectionnement introduit par M. le professeur Bordier est celui-ci. L'électrode négative est constituée par un vase en plomb contenant de l'eau acidulée à 20 p. 100 par de l'acide sulfurique, dans laquelle plonge l'électrode positive du système Carpentier. Celle-ci est maintenue dans un couvercle en fibre végétale reposant sur les bords du vase de plomb. Le vase de plomb est fixé lui-même dans un disque en verre formant le couvercle d'un cristalliseur percé de deux orifices, l'un en bas pour l'arrivée d'eau froide, l'autre formant trop-plein (fig. 1).

On obtient de cette manière un refroidissement de l'eau acidulée, ce qui est nécessaire pour des expériences de longue durée. On sait en effet que l'interrupteur de Wehnelt cesse de fonctionner lorsque la température s'élève trop ou lorsqu'on emploie un voltage trop élevé. C'est l'inverse avec un voltage bas : l'interrupteur fonctionne mieux alors lorsqu'on

le chauffe. Le modèle de Carpentier se rapporte précisément à l'emploi d'un bas voltage.

L'emploi de cet interrupteur, à cause de la rapidité des interruptions, présente en outre l'avantage de ne plus nécessiter le soufflage de l'arc entre les boules du détonateur.

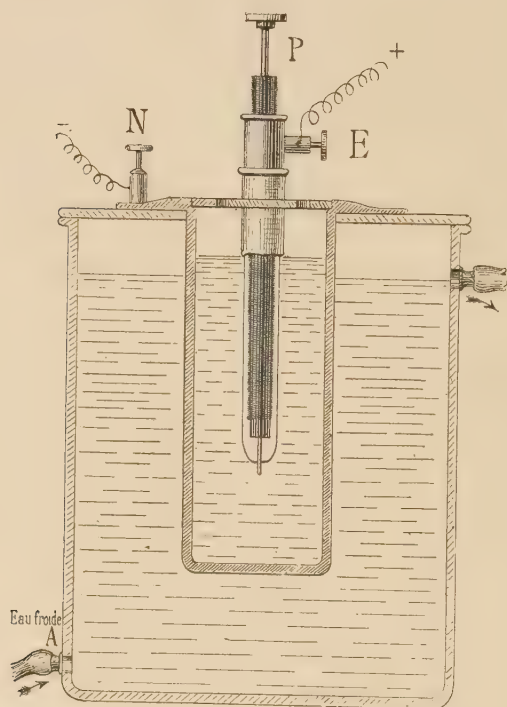


Fig. 4. — Interrupteur Wehnelt-Carpentier, modifié par H. Bordier.

Dans le circuit primaire de la bobine étaient intercalés également un ampèremètre et un rhéostat.

3° *Détonateur*. Les deux pôles de la bobine de Ruhmkorff étaient reliés à un détonateur, modèle

de Bonetti (fig. 2), dans lequel nous avons remplacé les bouteilles de Leyde par des condensateurs plans. Ceux-ci sont formés d'une lame de verre de forme

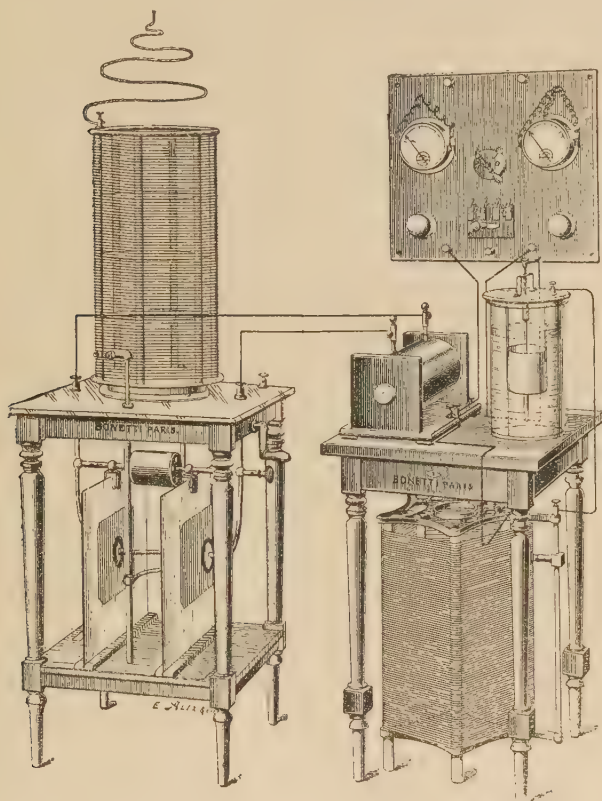


Fig. 2. — Appareil à courants de haute fréquence de d'Arsonval.

rectangulaire, sur chacune des faces de laquelle est collée une feuille d'étain plus petite. L'espace laissé libre entre les bords de la plaque de verre et ceux de la feuille d'étain est verni à la gomme laque.

La transformation que nous avons fait subir à l'appareil a été nécessitée par quelques légers accidents survenus au début de nos expériences : en raison de l'intensité relativement considérable du courant employé, et de la puissance de la bobine, les bouteilles de Leyde crevaient au bout de très peu de temps. Cet accident est dû à l'inégale épaisseur que possède nécessairement une bouteille ou une jarre. Dans le point d'épaisseur minima, il se produisait un phénomène identique à celui de l'expérience classique du perce-verre, ce qui permet de comprendre pourquoi les bouteilles ont été crevées.

Les courants de haute fréquence recueillis aux deux bornes du solénoïde étaient employés suivant les trois modes principaux indiqués par d'Arsonval : auto-conduction, condensation, applications directes.

Nous avons recherché en premier lieu l'action des divers modes d'application des courants de haute fréquence sur la thermogénèse, et en second lieu sur les éléments de l'urine. Nous avons choisi le lapin comme sujet d'expérience.

II. — ACTION DES COURANTS SUR LA THERMOGÉNÈSE.

La thermogénèse a été étudiée à l'aide du calorimètre à rayonnement de d'Arsonval. Nous avons bien tenté de nous servir de l'anémo-calorimètre, qui présente l'avantage de donner des indications tout aussi précises et beaucoup plus rapides, puisque dans ce cas la durée de chaque expérience est d'environ cinq

minutes. Mais la faible quantité de chaleur dégagée par le lapin à l'état normal est tout à fait insuffisante pour être mesurée par l'anémo-calorimètre qui sert à déterminer la chaleur dégagée par l'homme ; en effet l'anémomètre de cet appareil reste immobile même quand le lapin y est placé. Il eût fallu construire un appareil de dimensions plus réduites, afin de diminuer le volume de la masse d'air à échauffer. C'est pourquoi nous avons préféré employer le calorimètre à rayonnement.

Principe de la méthode. — Le principe de la méthode est le suivant : Supposons qu'une source de chaleur quelconque soit enfermée dans un vase métallique à double paroi, de forme cylindrique par exemple, l'environnant de toutes parts. Dans la double paroi se trouve une couche d'air atmosphérique communiquant avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un manomètre à air libre contenant du mercure ou tout autre liquide.

La chaleur dégagée par la source ne peut se perdre à l'extérieur, par rayonnement, qu'après avoir traversé intégralement la masse d'air communiquant avec le manomètre. Cette masse d'air s'échauffe jusqu'à ce que la paroi extérieure du calorimètre rayonne dans l'air ambiant une quantité de chaleur égale à celle que dégage la source placée à l'intérieur. Il est de toute évidence que ce matelas d'air environnant la source doit être sans interruption et présenter une épaisseur sensiblement uniforme. Toute mesure serait complètement illusoire si l'on remplaçait, par

exemple, les deux vases concentriques par un tube plein d'air roulé sur lui-même. Dans ce cas, en effet, la chaleur peut se perdre à l'extérieur soit par les interstices laissés entre les spires du tube, soit par communication métallique, sans avoir au préalable échauffé la masse d'air contenue dans le tube. Or c'est l'échauffement de cette masse d'air dont la mesure donne à chaque instant la quantité de chaleur perdue par la source en vertu de la loi de Newton.

La mesure de cet échauffement peut se faire de deux façons différentes : ou bien à volume constant et pression variable (c'est le cas du manomètre à air libre), ou à volume variable et pression constante (gazomètre enregistreur).

Nous avons choisi comme plus pratique la mesure à l'aide du manomètre à air libre. Notre calorimètre était composé ainsi qu'il suit (fig. 3). Une enveloppe à double paroi était destinée à contenir l'animal dont nous voulions mesurer la chaleur rayonnée. Elle était formée de deux vases cylindriques concentriques, limitant deux cavités : l'une intérieure pour recevoir le sujet de l'expérience ; l'autre annulaire, hermétiquement close et pleine d'air.

Cette cavité est en communication, au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un manomètre en U rempli d'eau. La dilatation de l'air contenu dans cette cavité annulaire, sous l'influence de l'élévation de la température causée par la chaleur cédée par l'animal placé à l'intérieur, se traduit par l'élévation de l'eau dans l'une des branches du manomètre, ce qui en donne la mesure.

En effet, nous avons disposé, entre les deux branches du manomètre, une échelle millimétrique, graduée en sens inverse, de part et d'autre d'un zéro, correspondant au niveau commun de l'eau dans les deux branches, lorsque l'appareil était au repos. Il suffisait d'additionner les nombres marqués par le niveau de l'eau dans chaque branche, pour avoir en millimètres, la valeur de l'augmentation de pression.

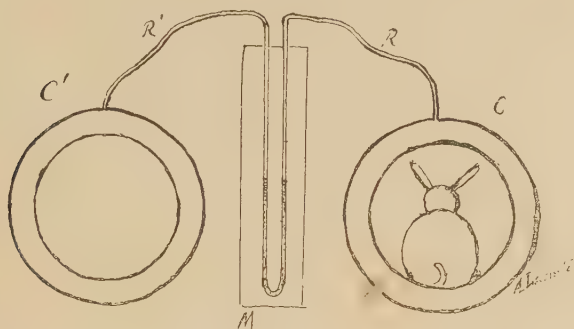


Fig. 3. — Schéma du calorimètre à rayonnement de d'Arsonval.
C, double enveloppe calorimétrique; *C'*, compensateur; *M*, manomètre à eau; *R*, *R'*, raccords en caoutchouc.

Or, en vertu des lois de Mariotte et de Newton, la chaleur rayonnée dans l'unité de temps est *directement proportionnelle* à l'élévation du manomètre. La sensibilité de l'appareil reste donc la même à chaque instant, quelle que soit la hauteur du manomètre, et il est facile, si l'on connaît la constante de l'appareil, de calculer la quantité de chaleur dégagée par l'animal en expérience. Nous verrons dans un instant comment se détermine cette constante de l'appareil.

Disposé comme il vient d'être dit, le calorimètre doit subir des corrections si, dans le cours des expériences, la pression barométrique et la température viennent à changer. Aussi, pour les éviter, d'Arsonval a imaginé de relier la seconde branche du manomètre à un calorimètre identique au premier, mais vide et servant de compensateur. On peut ainsi négliger l'influence des causes perturbatrices, qui, se faisant sentir sur les deux branches du manomètre également et de sens contraire, se neutralisent.

On a donc, de cette façon, un véritable thermomètre différentiel, et le manomètre indique constamment *l'excès de température du calorimètre sur le milieu ambiant*, c'est-à-dire la quantité à mesurer.

Pour que la graduation reste constante, il faut évidemment qu'il en soit de même du pouvoir émissif de la paroi du calorimètre. Notre calorimètre étant en cuivre poli, il suffisait pour cela de le tenir toujours propre et brillant.

Toutes ces conditions étant remplies, on voit que *les calories rayonnées en un temps donné sont proportionnelles à la dénivellation du manomètre*.

Pour savoir à combien de calories rayonnées par heure correspond telle dénivellation du manomètre il faut connaître la constante de l'appareil, et pour cela le graduer.

Graduation du calorimètre. — Pour effectuer cette graduation, il est indispensable d'employer une source de chaleur *qui reste rigoureusement constante*

pendant au moins une heure. La raison en est simple : en effet le temps perdu de l'appareil est fort long. Avec une source de chaleur constante, on observe que le manomètre monte au moins pendant quarante minutes avant de prendre sa position d'équilibre. C'est lorsqu'il est immobile que l'on doit prendre la pression indiquée par le manomètre. Il est donc indispensable que la source calorifique servant à la graduation reste constante pendant toute la période variable.

Il est facile de réaliser une telle source à l'aide d'un courant électrique, passant soit dans une lampe, soit dans un fil de résistance connue.

La formule

$$q = 0,24 \times R \times I^2$$

donne la quantité de calories dégagées en une seconde et

$$Q = 0,24 \times R \times I^2 \times 3600$$

la quantité dégagée en une heure.

Pour graduer notre appareil, nous avons placé à l'intérieur un fil de maillechort, porté par un support isolant, et traversé par un courant dont l'intensité nous était connue, grâce à un ampèremètre placé dans le circuit.

La résistance du fil de maillechort avait été déterminée au préalable, aussi rigoureusement que possible, à l'aide du pont de Kohlrausch : on sait que cet appareil utilise la méthode du pont de Wheat-

stone, en remplaçant le galvanomètre employé dans cette méthode par un téléphone sensible, et le courant constant par un courant faradique.

Dans ces conditions le téléphone fait entendre un son tant que l'équilibre n'est pas atteint entre les branches du pont. Quand on a produit cet équilibre, c'est-à-dire le silence du téléphone, en déplaçant un curseur mobile le long d'un fil rectiligne de maillechort, en face duquel sont marquées les résistances, il suffit de lire le chiffre marqué par le curseur et de le multiplier par la valeur de la résistance connue introduite dans l'une des branches du pont, pour connaître de suite la valeur de la résistance à mesurer.

Le fil de maillechort, dont la résistance avait été ainsi déterminée, étant placé dans l'intérieur du calorimètre, on faisait passer dans le circuit un courant électrique, jusqu'à ce que le niveau du manomètre restât constant. On notait à ce moment la dénivellation.

EXPÉRIENCE I. — Intensité du courant = 2 ampères. Résistance du fil de maillechort = 4,55 ohm. Différence de pression entre les deux enveloppes du calorimètre (dénivellation) = 130 millimètres

En appliquant la formule précédemment indiquée, on a :

$$Q = 0,24 \times 4,55 \times 2^2 = 4,488 \text{ calories-gramme}$$

et

$$Q = 4,488 \times 3,600 = 5\,356,8 \text{ calories-gramme.}$$

Une dénivellation de 1 millimètre correspond donc à

$$\frac{5.356,8}{130} = 41,20 \text{ calories-gramme}$$

EXPÉRIENCE II. — Intensité du courant = 2,4 ampères. Résistance du fil = 1,30 ohm. Dénivellation obtenue = 124 millimètres.

Donc :

$$Q = 0,24 \times 1,3 \times (2,4)^2 = 1,375,92 \text{ calories-gramme}$$

$$Q = 1375,92 \times 3,600 = 4.953,312 \text{ calories-gramme.}$$

Ce qui donne pour 1 millimètre de dénivellation.

$$\frac{4.953,312}{124} = 39,94 \text{ calories-gramme}$$

Moyenne des deux expériences :

$$\frac{41,20 + 39,94}{2} = 40,57 \text{ calories-gramme}$$

Notre but étant seulement de faire des recherches comparatives sur la thermogenèse à l'état normal et après exposition aux courants de haute fréquence, nous avons pris comme constante de l'appareil le nombre de 40 calories-gramme, en négligeant les décimales, comme correspondant à un millimètre de dénivellation.

Technique des expériences. — Nous avons commencé par prendre le pouvoir calorifique moyen du lapin en expérience. Pour cela, le lapin était, tous les jours et presque à la même heure, pesé et mis dans le calorimètre. Nous suivions la dénivellation progressive du manomètre et lorsque la colonne d'eau était stationnaire, ce qui arrivait au bout d'une heure environ, nous notions la différence de hauteur entre les niveaux de l'eau dans les deux branches du mano-

mètre, ce qui donnait par un calcul simple le nombre total des calories dégagées par l'animal.

En effet, une dénivellation de 1 millimètre exprimant 40 calories-gramme (ou par abréviation petites calories, la calorie-kilogramme étant appelée grande calorie) on a :

$$x \times 40 = n \text{ calories.}$$

Le *pouvoir calorifique* étant défini : le nombre de calories dégagées en une heure par un kilogramme d'animal, on obtient ce nombre par la formule :

$$\text{Pouvoir calorifique} = \frac{x \times 40}{p}$$

p étant le poids de l'animal exprimé en kilogrammes.

L'expérience était répétée pendant plusieurs jours consécutifs, et la moyenne des nombres obtenus donnait le pouvoir calorifique moyen pendant cette série d'expériences.

Dans une seconde série, le lapin était pesé, puis soumis aux courants de haute fréquence pendant quinze minutes, et mis aussitôt après dans le calorimètre ; il s'écoulait à peine une minute entre la cessation du courant et le moment où le calorimètre était refermé sur l'animal. On obtenait de la même façon que précédemment la valeur du pouvoir calorifique moyen pendant cette deuxième série d'expériences.

Nous n'avons pas cru devoir tenir compte de la température extérieure, qui pourtant influe sur la thermogenèse de l'animal : en effet, le lapin se trouvait constamment dans le laboratoire d'expé-

riences, dont la température moyenne ne variait que d'une quantité insignifiante.

A. *Autoconduction*. — Pour les applications des courants de haute fréquence par la méthode de l'autoconduction, le lapin était placé dans un panier cylindrique en osier de 20 centimètres environ de diamètre, autour duquel un fil de cuivre isolé, formant solénoïde, faisait vingt tours de spire. Les extrémités de ce fil étaient reliées directement aux armatures des condensateurs de l'appareil de Bonetti.

Nous avons réuni dans le tableau II les résultats comparatifs que nous avons obtenus, entre le pouvoir calorifique moyen à l'état normal et le même après exposition aux courants de haute fréquence.

Comme on peut le voir, nous avons obtenu après le traitement par autoconduction une augmentation du pouvoir calorifique moyen.

Si nous cherchons la valeur de cette augmentation, nous constatons qu'elle est sensiblement constante chez nos deux lapins. En effet, pour le premier elle est de :

$$2.722 - 2.519 = 213 \text{ calories-gramme}$$

pour le second :

$$3.581,6 - 3.312,5 = 269,1$$

Or, dans le premier cas on a :

$$\frac{2.722}{213} = 12,8$$

et dans le deuxième cas :

$$\frac{3.581,6}{269,1} = 13,3$$

TABLEAU II

Variation du pouvoir calorifique sous l'influence des courants de haute fréquence.

NUMÉRO de L'EXPÉRIENCE	POUVOIR CALORIFIQUE	NUMÉRO de L'EXPÉRIENCE	POUVOIR CALORIFIQUE	NUMÉRO de L'EXPÉRIENCE	POUVOIR CALORIFIQUE
<i>Lapin I</i>		<i>Lapin II</i>		<i>Lapin III</i>	
État normal.		État normal.		État normal.	
1	2.592	4	2.787	4	2.288
2	2.682	2	3.348	2	2.512
3	2.473	3	3.600	3	2.621
4	2.448	4	3.057	4	2.811
5	2.400	5	3.620	5	2.369
		6	3.390		
		7	3.386		
Moyenne : 2.519 (1)		Moyenne : 3.3125 (2)		Moyenne : 2.520	
Après haute fréquence (solénoïde).		Après haute fréquence (solénoïde).		Après haute fréquence (condensation).	
6	2.730	8	3.472	6	2.474
7	2.762	9	3.322	7	2.510
8	2.676	10	3.727	8	2.655
		11	3.600	9	2.344
		12	3.610		
		13	3.759		
Moyenne : 2.722 (1)		Moyenne : 3.5816 (2)		Moyenne : 2.495	

(1) Communication au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. Paris, 1900.

(2) Communication à la Société de Biologie. Séance du 27 avril 1901.

Le pouvoir calorifique est donc augmenté de $1/13$ de sa valeur environ.

Une autre preuve que cette augmentation n'est pas due à une simple coïncidence nous est fournie par une expérience où le pouvoir calorifique fut déterminé avant et après l'exposition à la haute fréquence, les deux évaluations étant séparées seulement par le temps nécessaire au calorimètre pour se mettre en équilibre de température avec le milieu extérieur.

Le pouvoir calorifique du lapin à l'état normal ayant été trouvé de 2,448 passa à 2,730 après un séjour de l'animal pendant quinze minutes dans le solénoïde à haute fréquence.

Cette expérience prouvant l'action immédiate des courants, nous avons cherché s'il n'y avait pas une variation dans la vitesse de la radiation calorifique sous l'influence de la haute fréquence. Comme nous ne disposions pas d'un manomètre enregistreur, nous avons opéré de la façon suivante :

Le manomètre étant au zéro lorsqu'on introduisait le lapin dans le calorimètre, on notait minute par minute le niveau de l'eau dans l'une des branches, jusqu'à ce que le manomètre ait atteint sa position d'équilibre. Comme l'eau descendait dans la seconde branche d'une quantité égale à celle dont elle montait dans la première, il est évident que le nombre de millimètres obtenu par la lecture de l'une des branches était égal à la moitié du nombre mesurant la dénivellation totale.

Or, nous avons construit des courbes, à l'aide des nombres obtenus, en portant en abscisses le temps

exprimé en minutes et en ordonnées la hauteur de l'eau au-dessus de zéro dans l'une des branches.

La constante du calorimètre étant égale à 40 calories par millimètre de dénivellation totale, chaque millimètre porté sur la courbe correspond donc à 80 calories-gramme.

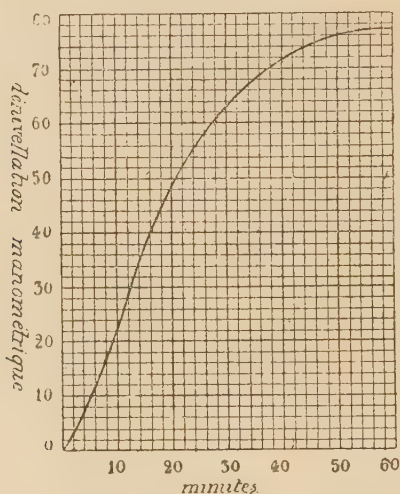


Fig. 4. — Vitesse de la radiation calorifique chez le lapin à l'état normal.

La courbe I (fig. 4) représente la vitesse de la radiation calorifique chez le lapin à l'état normal.

La courbe II (fig. 5) (1) représente la vitesse de la radiation calorifique chez le lapin soumis à la haute fréquence (solénoïde).

L'examen de ces courbes montre la modification apportée par les courants de haute fréquence à la

(1) Ces deux courbes se trouvent dans la 2^e édition du *Précis d'Électrothérapie*, par H. Bordier, 1902 (Baillière, éditeur).

thermogenèse. En effet, la courbe de la radiation calorique chez le lapin à l'état normal présente une ascension lente et progressive presque jusqu'à l'or-

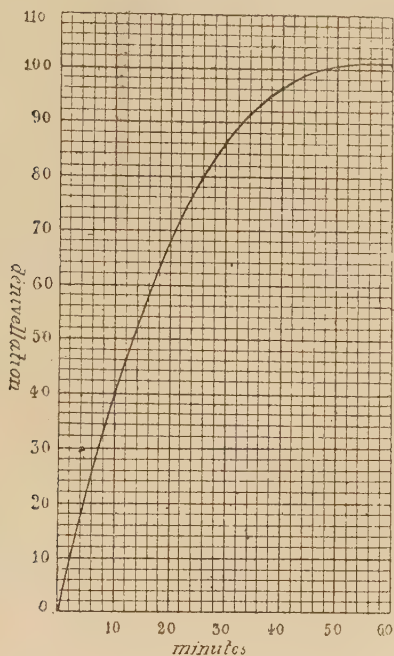


Fig. 5. — Vitesse de la radiation calorique chez le même lapin après courants de haute fréquence (solénoïde, 15 minutes).

donnée maxima, ce qui s'explique par la constance de la quantité de chaleur dégagée pendant toute la durée de l'expérience. Chez le lapin soumis à l'auto-conduction, la courbe a une ascension plus rapide, et l'ordonnée maxima est atteinte plus vite, tout en étant plus élevée qu'à l'état normal.

Il est vraisemblable d'admettre que la chaleur dégagée par le lapin diminue de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne du moment où l'animal est sorti du solénoïde.

C'est pourquoi nous avons pensé qu'il serait peut-être possible de constater une différence plus sensible encore entre les quantités de chaleur dégagées avant et après la haute fréquence, si nous avons pu apprécier cette quantité pendant le passage même du courant.

Pour cela, nous avons disposé le solénoïde à l'intérieur du calorimètre, mais séparé de la paroi métallique par un demi-cylindre en ébonite. Le diamètre du solénoïde étant beaucoup plus faible que celui du calorimètre, aucun contact n'était à craindre à la partie supérieure. Le lapin était placé à l'intérieur du solénoïde. Mais, malgré l'isolement des fils amenant le courant, il se produisait à leur entrée dans le calorimètre des étincelles nombreuses qui causaient une sensible élévation de température dans l'appareil, rendant impossible l'expérience projetée.

B. *Condensation.* — Pour appliquer les courants de haute fréquence par condensation, l'animal était placé (fig. 6) dans une boîte BB', dont le fond était formé d'une lame de cuivre reliée à l'un des pôles du solénoïde. Le lapin reposait sur cette lame.

La boîte entière était placée sur une feuille d'ébonite de dimensions plus grandes, de telle sorte que celle-ci débordât de 5 centimètres environ tout le tour de la boîte. Une seconde lame métallique, de

mêmes dimensions que la première et placée sous la feuille d'ébonite, constituait la seconde armature du condensateur.

Le pouvoir calorifique moyen à l'état normal et après traitement par condensation étaient déterminés de la même façon que pour l'autoconduction.

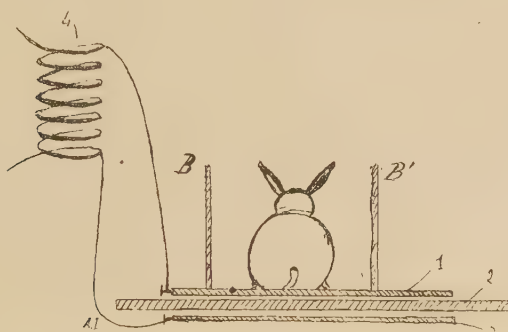


Fig. 6. — Schéma de notre dispositif pour application des courants de H.F. par condensation.

1, plaque de cuivre ; 2, ébonite ; 3, plaque de cuivre ; 4, solénoïde ;
B, B', boîte servant à maintenir le lapin.

Les résultats que nous avons fait figurer dans le tableau I montrent que nous n'avons pas pu déterminer, par application des courants de haute fréquence par condensation, une augmentation du pouvoir calorifique moyen.

La diminution que nous avons constatée, de 2,520 à 2,495 est trop faible pour pouvoir être prise en considération.

C. *Applications directes.* — Nous réservons pour un paragraphe spécial l'exposé des résultats inattendus que nous avons obtenus chez le lapin par l'application des courants de haute fréquence.

III. — ACTION DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE SUR L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS ORGANIQUES

Nous n'avons pas recherché, dans notre travail, ce que devenaient tous les éléments de l'urine sous l'influence des courants. Nous avons pour cela deux raisons : l'une d'elles est le temps fort long qu'eût nécessité le dosage quotidien et suffisamment précis de tous les corps constituant les déchets de la nutrition.

En second lieu, nous avons remarqué, dans les travaux publiés à ce sujet, que les variations quantitatives de ces corps étaient sensiblement proportionnelles à celles des plus importants d'entre eux, l'urée, l'acide urique et les phosphates. Aussi nous avons limité nos recherches aux variations de ces éléments.

Voici comment nous avons opéré : pendant toute la durée des expériences, la nourriture que recevait l'animal était autant que possible composée de la même façon : pommes de terre, son et feuilles de carottes ou de choux. Nous n'avons pas réussi dans les tentatives que nous avons faites pour soumettre le lapin à un régime rigoureusement constant. Ou la quantité de nourriture fournie était abondante, et

dans ce cas une partie en était perdue, ou au contraire elle était limitée, et le lapin dépérissait. Nous nous sommes donc contenté de surveiller qualitativement la nourriture donnée à celui-ci.

Dans une première série d'expériences, nous pratiquions un dosage préparatoire de l'urée, de l'acide urique et des phosphates, sur l'urine des vingt-quatre heures recueillie tous les jours à la même heure. Nous notions en même temps le volume de l'urine.

Puis dans une seconde série, sans changer le régime alimentaire, le lapin était soumis tous les jours aux courants de haute fréquence pendant quinze minutes, et les dosages pratiqués de la même façon que précédemment.

Dosage de l'urée. — Nous avons employé le procédé qui consiste à décomposer l'urée par l'hypobromite de soude et à mesurer le volume de l'azote dégagé. Un dosage effectué sur une solution titrée d'urée indique préalablement à quel poids d'urée correspond tel volume d'azote.

Si une solution d'urée à 2 gr. 5 p. 100 a fourni V centimètres cubes de gaz et si l'urine a fourni V' on a, si l'on appelle x la teneur de l'urine en urée :

$$\frac{V}{2,50} = \frac{V'}{x} \quad \text{ou} \quad x = \frac{V'}{V} \times 2,5$$

Dosage de l'acide urique. — Nous avons employé un procédé rapide de dosage de l'acide urique, indiqué par Gautrelet dans le *Bulletin de pharmacie de Lyon*. Ce procédé est le suivant :

1° Prendre 20 centimètres cubes d'urine non filtrée.

2° Les saturer exactement par une solution alcaline faible.

3° Acidifier par 5 centimètres cubes d'une solution d'acide acétique à 15 p. 100.

4° Déposer sur une assiette des gouttes d'une solution fraîche de :

Ferricyanure de potassium. . .	0 gr. 20
Acide chlorhydrique	5 gouttes
Eau distillée.	100 c. c.

5° Laisser tomber goutte à goutte et en agitant dans les 20 centimètres cubes d'urine traités précédemment par la solution réactif :

Sulfate de cuivre.	2 gr. 40
Sulfate de soude	5 gr.
Eau distillée	5 gr.
Acide acétique	4.000 c. c.

jusqu'à ce qu'une goutte de l'urine cuprique se colore en rouge par son contact avec le ferricyanure.

Chaque dixième de centimètre cube du réactif employé correspond à 1 centigramme d'acide urique par litre d'urine examinée.

Dosage des phosphates. — Nous avons dosé les phosphates par la méthode de Neubauer, à l'azotate d'urane. On sait que l'addition d'une solution titrée d'azotate d'urane à de l'urine acidulée bouillante précipite les phosphates. On reconnaît que tout le phosphate a été précipité quand une goutte de

l'urine prend une teinte chamois au contact d'une goutte de solution de ferrocyanure de potassium déposée sur une assiette. Du volume de la solution titrée d'azotate d'urane employé, on déduit la teneur en phosphate de l'urine à examiner.

Nous avons réuni nos résultats dans le tableau III. Pour le lapin I les chiffres expriment en grammes par litre d'urine les poids des divers éléments.

Pour les lapins II et III les chiffres expriment les poids de ces éléments pour les vingt-quatre heures.

TABLEAU III

Variation du poids chez le lapin et des éléments constitutants de l'urine sous l'influence des courants de haute fréquence.

	NUMÉRO de l'expérience	POIDS DE L'ANIMAL en kilogr.	URÉE	ACIDE URIQUE	PHOSPHATES
<i>Lapin I.</i>					
État normal.	1	2.700	42.50	0.23	0.45
	2	2.685	24.50	0.19	0.52
	3	2.785	48.00	0.24	0.68
	4	2.695	»	»	»
	5	2.730	49.00	0.48	»
Différence de poids		+ 30 gr.	Moyenne : 17.75	0.20	0.55
Après H. F. (solénoïde).	6	2.695	22.00	0.20	0.80
	7	2.635	47.85	0.25	4.00
	8	2.790	24.80	0.30	0.80
Différence de poids		+ 95 gr.	Moyenne : 20.55	0.25	0.86

	NUMÉRO de l'expérience	POIDS DE L'ANIMAL en kilogr.	VOLUME DE L'URINE émise	URÉE	ACIDE URIQUE	PHOSPHATES
<i>Lapin II</i>						
État normal.	1	2.450	440	3.407	0.066	0.088
	2	2.290	350	2.262	0.038	0.056
	3	2.265	225	3.125	0.035	0.050
	4	2.265	350	4.250	0.045	0.063
	5	2.250	350	3.624	0.052	0.077
Différence de poids		+ 100 gr.	Moyenne : 258	3.353	0.046	0.066
Après H. Fréq. (solénoïde).	6	2.430	275	2.931	0.051	0.037
	7	2.510	400	3.548	0.060	0.048
	8	2.425	400	3.460	0.048	0.044
	9	2.400	330	4.125	0.043	0.072
	10	2.415	400	4.264	0.040	0.072
Différence de poids		— 15 gr.	Moyenne : 361	3.665	0.048	0.054
<i>Lapin III</i>						
État norm.	1	2.340	420	3.420	0.012	0.084
	2	2.500	210	4.548	0.016	0.073
	3	2.350	90	2.250	0.009	0.061
	4	2.490	420	2.785	0.030	0.072
Différence de poids		+ 150 gr.	Moyenne : 135	3.175	0.014	0.058
Après H. F. (condensation)	5	2.310	490	4.456	0.022	0.066
	6	2.390	250	4.462	0.027	0.062
	7	2.410	490	4.750	0.022	0.095
Différence de poids		+ 100 gr.	Moyenne : 210	4.456	0.023	0.074

L'étude de ces tableaux permet de remarquer :

1° L'augmentation de la quantité d'urine émise en vingt-quatre heures ;

2° L'augmentation notable de l'élimination de l'urée, de l'acide urique et dans deux cas sur trois des phosphates, cette augmentation étant marquée surtout dans la série d'expériences où fut employée la condensation ;

3° L'augmentation du poids de l'animal dans deux cas sur trois, aussi bien pendant les périodes où il était soumis aux courants que pendant les périodes de repos.

Nous ferons remarquer, sans vouloir en tirer de conclusion, que la série où l'animal perdit de son poids est précisément celle où l'élimination des phosphates diminua pendant la période d'application des courants (le lapin sur qui fut faite cette série d'expériences mourut subitement quinze jours après la dernière).

Ces divers résultats viennent donc confirmer ceux que les divers expérimentateurs ont constatés, et montrent que chez le lapin les effets physiologiques des courants de haute fréquence sont les mêmes que chez l'homme, si on applique ces courants par auto-conduction ou par condensation. Il n'en est plus de même si l'on a recours à l'application directe.

IV. — ACTION DES HAUTES FRÉQUENCES EN APPLICATIONS DIRECTES

Nous avons essayé, au cours de nos expériences par la méthode de condensation, de relier la paroi métallique du calorimètre à l'un des pôles du solénoïde, de manière à ce que cette paroi représentât l'une des armatures du condensateur. Nous avons placé à l'intérieur du calorimètre un demi-cylindre en ébonite destiné à servir d'isolant.

EXPÉRIENCE I. — Dans notre premier essai, le lapin était mis en communication avec le second pôle du solénoïde à l'aide d'un fil qui venait s'attacher à une électrode formée d'une tige en cuivre terminée par un renflement olivaire, que l'on introduisit dans le rectum. Le fil qui reliait cette électrode au solénoïde passait par un trou percé au centre de la plaque de verre qui fermait en avant le calorimètre.

Le courant fut lancé dans ces conditions. Aussitôt le lapin dont une oreille touchait la paroi du calorimètre ressentit une secousse violente et expulsa l'électrode rectale.

Aussi, dans un second essai, nous remplaçâmes celle-ci par une feuille d'étain sur laquelle le lapin devait reposer. Quelques mailles de filet fermèrent la partie supérieure du demi-cylindre d'ébonite, afin d'éviter autant que possible tout contact direct du lapin avec la paroi du calorimètre.

EXPÉRIENCE II. — Le courant est lancé dans le circuit. Au bout d'une minute environ, on s'aperçoit qu'une oreille du lapin, ayant passé au travers du filet, touche à la paroi métallique et que des étincelles qui avaient jailli l'ont enflammée. Le courant est aussitôt arrêté, et en retirant le lapin du calori-

mètre, on constate une paralysie complète du train de derrière. L'animal se tient encore sur les pattes de devant et essaie de marcher en remorquant pour ainsi dire ses membres postérieurs.

Il meurt quatorze jours après l'expérience.

En présence de cette paralysie qui nous avait un peu surpris, puisque tous les auteurs et nous-même avons reconnu l'innocuité absolue des courants de haute fréquence, nous avons repris l'expérience en variant les conditions.

EXPÉRIENCE III. — Les courants de haute fréquence sont appliqués au lapin à l'aide de deux colliers métalliques, formés d'un ruban flexible et roulé portant une borne au moyen de laquelle chaque collier est relié à l'une des extrémités du solénoïde. L'un des colliers enserre le cou ; le second est placé en ceinture autour de l'abdomen.

On fait passer le courant pendant une minute. Le lapin est paraplégé comme le précédent et meurt douze jours après.

Pour s'assurer que cette action est bien due à la haute fréquence, on remplace, sans changer le reste du dispositif, les colliers par deux poignées métalliques. Un expérimentateur, debout sur une lame d'ébonite, tient dans chaque main une des poignées. On lance le courant. L'expérimentateur n'accuse aucune sensation.

Nous avons alors songé à mesurer l'intensité du courant de haute fréquence. Nous avons employé pour cela le galvanomètre thermique de d'Arsonval construit par Gaiffe (fig. 7).

Les galvanomètres thermiques sont des appareils qui mesurent exactement l'intensité efficace des cou-

rants de forme quelconque qui les traversent, à la condition essentielle que la résistance du fil qui sert à faire la mesure soit la même pour tous les courants.



Fig. 7. — Galvanomètre universel de d'Arsonval.

Or, on sait que plus la fréquence des courants alternatifs augmente, plus la résistance effective d'un conducteur diffère de sa résistance ohmique.

Il faut donc que dans la réalisation des appareils thermiques appliqués à la haute fréquence, on s'ingénie à se mettre dans les conditions où cette différence est minima. Pour cela deux moyens peuvent

être employés, et c'est la combinaison des deux qui est réalisée.

1° Prendre un fil de diamètre très fin.

2° Prendre un fil de grande résistance spécifique. Une fois les conditions réalisées, restait à trouver le moyen de mesurer l'allongement du fil chauffé par le courant.

La mesure directe donne peu de satisfaction, car pour le fil de 15 centimètres employé dans les appareils, l'allongement ne serait que de 0 mm. 27 pour une différence de 100 degrés de température.

D'Arsonval a pensé vers 1880 qu'en mesurant non pas l'allongement réel du fil, mais bien la flèche obtenue lorsqu'on tire par son milieu un fil fixé d'une façon ferme aux deux bouts on augmenterait d'une façon très considérable la longueur à mesurer; ce qui se vérifie par le calcul.

Il reste donc à transmettre le déplacement à une aiguille se mouvant sur un cadran, ce qui se fait à l'aide d'un fil souple s'enroulant sur une poulie, l'action du fil de mesure étant équilibrée par un ressort.

EXPÉRIENCE IV (14 octobre 1904). — Lapin mâle de 2 k. 050.

Le lapin est fixé par les quatre membres sur un appareil à contention. Une électrode buccale et une électrode rectale amènent le courant.

Dans le circuit de haute fréquence est intercalé le galvanomètre universel de d'Arsonval. Un expérimentateur se met en tension dans le circuit.

Courant pendant une minute. Le galvanomètre marque 250 milliampères. L'expérimentateur n'accuse aucune sensation. Le lapin n'a pas paru souffrir.

Le lapin étant maintenant seul dans le circuit, on fait passer de nouveau le courant pendant une minute (250 milliampères). Pendant le passage du courant, secousses cloniques aux quatre membres.

Courant trois minutes, 500 milliampères. On observe pendant ce temps des secousses limitées aux membres postérieurs ; d'abord très rapides (environ cent par minute) elles vont ensuite en s'espçant.

Le lapin est détaché. Il remue encore mais avance difficilement.

La respiration est accélérée. Le lapin est fixé de nouveau. On remplace par les deux colliers métalliques les électrodes buccale et rectale. Courant de 460 milliampères une demi-minute. Le lapin se débat, pousse des cris, essaie de fuir.

Reprise deux minutes quarante secondes. Le galvanomètre gradué jusqu'à 500 milliampères ne marque plus, car l'aiguille dépasse la graduation. Il est retiré du circuit.

Reprise une minute. Secousses convulsives dans le train de derrière.

Reprise pendant trois minutes. Secousses cloniques dans les membres postérieurs.

Après cessation du courant, le lapin est délié ; il reste couché, la tête reposant sur le sol, les pattes postérieures en demi-flexion, le côté gauche du bassin appuyant sur le sol. Respiration saccadée et rapide. Le lapin est laissé libre. On lui remet les colliers en plaçant l'un autour du thorax, l'autre restant autour de l'abdomen. On fait passer le courant. Aucune tentative du lapin pour se dégager. Secousses dans les pattes postérieures, surtout à gauche, avec intervalles de repos. Le courant passe pendant cinq minutes.

Après cessation, le lapin est presque inerte : soulevé par les oreilles il retombe sur le flanc aussitôt qu'on le lâche. Cependant, si on le soulève par les pattes de derrière, il essaie de progresser avec les pattes de devant. Seul, le lapin ne peut pas avancer. Les membres postérieurs ne sont pas paralysés, car si on les allonge, ils reviennent en demi-flexion.

12 octobre. — Nous revoyons le lapin le lendemain. Il paraît revenu à l'état normal et court très bien. Il présente au flanc gauche une petite brûlure.

EXPÉRIENCE V (22 octobre). — Même lapin que dans l'expérience précédente. Électrode buccale. Électrode rectale.

Le lapin est lié sur la planche à expériences. Pendant les premières minutes, il pousse des cris, fait des efforts pour se dégager. La respiration s'accélère.

Au bout de quatre minutes, il penche la tête et la laisse reposer sur l'appareil à contention.

5 minutes. La tête soulevée retombe. Les respirations deviennent rares.

Après sept minutes, le lapin est complètement immobile et ne répond à aucune excitation. Interruption du courant. Pas de mouvements respiratoires. Battements cardiaques non perceptibles. État de mort apparente.

Au bout d'environ trente secondes, une inspiration profonde suivie du rétablissement des mouvements respiratoires et des battements cardiaques.

L'animal reste environ 1/2 heure inerte sur le sol. On peut comparer son état à celui dans lequel se trouve un individu qui vient de subir une anesthésie générale. Au bout de trois quarts d'heure, le lapin recommence à se tenir sur ses pattes.

23 octobre. — Le lapin paraît remis, et court comme à l'état normal ; cependant on remarque un gonflement inflammatoire de toute la région périnéale.

28 octobre. — Gangrène de l'anus et des organes génitaux qui forment une vaste plaie suppurante.

29 octobre. — Le lapin meurt.

EXPÉRIENCE VI. — Lapin femelle.

Une électrode buccale et une électrode anale reliées aux extrémités du solénoïde amènent le courant. Le lapin est fixé sur l'appareil à contention. On fait passer le courant. Au

début le lapin crie et fait des efforts pour se dégager ; au bout de trente secondes il reste immobile.

2 minutes. La respiration s'accélère : 44 inspirations à la minute.

5 minutes. 68 respirations à la minute ; le lapin paraît cependant très bien supporter le courant ; aucune secousse dans les membres.

7 minutes. 125 respirations par minute.

De 8 à 10 minutes, le lapin fait de temps en temps des efforts pour se dégager.

40 minutes. La respiration s'accélère encore. Il n'est plus possible de compter les mouvements respiratoires.

42 minutes. Le lapin fait quelques efforts pour se dégager, mais beaucoup moins violents que précédemment.

43 minutes 1/2. Quelques secousses dans les membres postérieurs et dans la mâchoire inférieure. La tête se porte en extension, tous les muscles sont contractés. Tétanisation générale ; l'amplitude des mouvements respiratoires diminue.

45 minutes. La respiration s'arrête ; les battements du cœur ne sont plus perceptibles. Pupilles dilatées.

46 minutes. L'animal est toujours immobile, rigide.

47 minutes. Interruption du courant pendant deux minutes : aucun changement dans l'état de l'animal.

49 minutes. On lance le courant : aucune réaction du lapin.

20 minutes. Interruption du courant. Le lapin est mort ; la rigidité cadavérique a succédé sans transition à la contracture généralisée.

EXPÉRIENCE VII. — Cobaye mâle.

Électrode buccale et électrode rectale. — Dès le passage du courant l'animal se débat. Contracture des muscles spinaux. La tête est portée en extension.

2 minutes. La respiration s'accélère. Tous les muscles sont contracturés.

5 minutes. Secousses rythmiques dans les muscles de la nuque, environ 50 par minute.

7 minutes. Cobaye immobile. Respiration arrêtée. Plus de battements cardiaques.

8 minutes. Interruption du courant. Rigidité cadavérique.

A l'autopsie : Congestion des deux poumons. Oreillettes gonflées de sang noir mais fluide.

EXPÉRIENCE VIII. — Rat blanc de 155 grammes.

Électrode buccale et électrode rectale. — Contracture dès le passage du courant. Cinq secondes, puis interruption.

On fait de nouveau passer le courant vingt secondes. État de mort apparente ; battements du cœur encore perceptibles.

Courant pendant vingt secondes. Aussitôt après la cessation du courant le cœur bat encore faiblement. On perçoit encore cinq ou six pulsations, puis le cœur s'arrête. La rigidité cadavérique a succédé à la contracture généralisée.

Les résultats divers obtenus dans ces expériences ne nous permettent pas de tirer des conclusions précises sur l'action des courants de haute fréquence en application directe chez le lapin.

En effet, si chez deux de nos lapins nous avons obtenu une paraplégie complète, il n'en est plus de même chez les autres. Dans l'un des cas (exp. IV) le phénomène dominant est un état de dépression encore plus accentué dans l'expérience V où l'on arrive jusqu'à l'état de mort apparente.

Dans l'autre cas, au contraire (exp. VI), la mort est arrivée après une période de suractivité nerveuse qui s'est exprimée par une contracture généralisée.

Nous remarquons aussi combien la résistance au courant est variable pour chaque lapin. Alors que dans les expériences II et III une minute a suffi pour

produire des lésions bien nettes et persistantes de paraplégie, nous voyons qu'il a fallu seize minutes (exp. IV) pour constater une parésie passagère des membres inférieurs, et que chez le même lapin, quelques jours après, sept minutes de courant ont amené un état de mort apparente. Un autre lapin, après avoir paru bien supporter le courant pendant cinq minutes, a succombé en dix-sept minutes.

En résumé les lésions obtenues chez le lapin par l'application directe des courants de haute fréquence sont très variables, ainsi que la durée de cette application nécessaire pour les produire. On ne peut mieux comparer cette action des courants sur le lapin qu'à celle de la foudre sur l'homme. La cause des accidents mortels nous paraît de deux ordres : phénomènes d'inhibition sur les nerfs d'arrêt du cœur, qui ne seraient que l'exagération des phénomènes constatés sur les vaso-moteurs, et phénomènes thermiques probablement accessoires.

L'opinion qui paraîtrait la plus plausible pour expliquer les accidents allant jusqu'à la mort, observés chez le lapin, est celle qui assimilerait les effets de la foudre à ceux produits par notre appareil de haute fréquence. On sait, en effet, que la décharge disruptive qui se manifeste entre deux nuages électrisés, ou entre un nuage et le sol (foudre) donne naissance à des ondes hertziennes, absolument comme les courants de haute fréquence.

Ce qui le prouve, c'est que le radioconducteur de Branly est impressionné à grande distance par les orages. Il doit donc y avoir une simple question de

doses. Pour le lapin, la quantité d'énergie électrique provenant de notre appareil à haute fréquence est suffisante pour amener la mort de cet animal à condition de prolonger pendant un nombre de minutes suffisant le passage de ces courants.

Pour l'homme, au contraire, rien de pareil ne se constate avec le même dispositif ; cependant, si la quantité d'énergie électrique augmente, et est portée à une valeur comparable à celle qui se manifeste au moment de la décharge d'un nuage, les mêmes accidents mortels se constatent sur l'homme, mais au bout d'un temps beaucoup plus court, à cause de l'énorme énergie que représente cette décharge.

On peut donc dire comme conclusion que l'énergie provenant des courants de haute fréquence appliqués directement est presque au lapin ce que l'énergie électrique de la foudre est à l'homme.

CONCLUSIONS

1° Les courants de haute fréquence, appliqués à l'aide du solénoïde, par autoconduction, produisent chez le lapin une augmentation du pouvoir calorifique.

2° Appliqués par condensation, ils ne font pas varier le pouvoir calorifique.

3° Chez le lapin soumis aux courants de haute fréquence, la suractivité des combustions organiques est prouvée par l'augmentation :

- a)* De la quantité d'urine ;
- b)* De l'urée ;
- c)* De l'acide urique ;
- d)* Des phosphates éliminés en vingt-quatre heures.

Cette augmentation est plus marquée par l'emploi de la condensation que par l'emploi de l'autoconduction.

4^o Les applications directes des courants de haute fréquence sont loin d'avoir pour le lapin la même innocuité que pour l'homme. Ils provoquent toujours des phénomènes graves, et si l'application est suffisamment prolongée, la mort de l'animal.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
J. TEISSIER.

Vu :

POUR LE DOYEN,
L'Assesseur,
LACASSAGNE.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE,
Président du Conseil de l'Université
G. COMPAYRÉ.

BIBLIOGRAPHIE

- APOSTOLI et BERLIOZ. — Action thérapeutique générale des courants de haute fréquence, *C. R. Acad. des Sciences*, 25 avril 1895.
- Action thérapeutique des courants de haute fréquence dans l'arthritisme, *Annales d'électrobiologie*, 1899 et 1900.
- D'ARSONVAL. — Production des courants de haute fréquence et de grande intensité, *Société de Biologie*, 4 février 1893.
- Action des courants à grande fréquence, *Archives de Physiologie*, 1893.
- L'auto-conduction ou nouvelle méthode d'électrisation, *C. R. Acad. des Sciences*, juillet 1893.
- Action physiologique et thérapeutique des courants de haute fréquence, *C. R. Acad. des Sciences*, juillet 1895 et *Annales d'électrobiologie*, 1898.
- D'ARSONVAL et CHARRIN. — Action des courants de haute fréquence sur le bacille pyocyanique, *Société de Biologie*, 6 mai 1893.
- Action sur les toxines bactériennes, *C. R. Acad. des Sciences*, 10 février 1896.
- BONNIOT. — Thèse de Paris, 1899.
- BORDIER. — Précis de physique biologique.
- Précis d'électrothérapie (2^e édition, 1902).
- A. LECOMTE.

- BORDIER et LECOMTE. — Action physiologique des courants de haute fréquence, Congrès de l'A.F.A.S., Paris, 1900.
- Action des courants de haute fréquence sur la thermogénèse, *Société de Biologie*, 27 avril 1901.
- BOSQUAIN. — Thèse Paris 1900.
- DENOYÈS et LAGRIFFOUL. — Traitement des névrites par la haute fréquence, *Archives d'électricité médicale*, 1900.
- DENOYÈS, MARTRE et ROUVIÈRE. — Action des courants de haute fréquence sur la sécrétion urinaire, *C. R. Acad. des Sciences*, juillet 1901, *Archives d'électricité médicale*, 15 octobre 1901.
- DOUMER. — Traitement de la fissure sphinctérale, *Annales d'électrobiologie*, 1898.
- Action des courants de haute fréquence sur la tuberculose pulmonaire chronique, *C. R. Acad. des Sciences*, 25 février 1900.
- Action physiologique des courants de haute fréquence, Congrès d'électrologie et de radiologie, Paris 1900.
- DUCRETET. — Notice sur les courants de haute fréquence, Paris 1898.
- EINTHOVEN (W.). — Excitation nerveuse par les courants de haute fréquence, *Archiv für die Gesamte Physiologie, etc.*, 6 septembre 1900.
- EULENBURG. — Communication sur les courants de d'Arsonval, *Société de Médecine interne*, Berlin 1900.
- MAFFEI. — Communication au Cercle médical de Bruxelles, avril 1898.
- MORTON. — Communication à l'Association américaine d'électrothérapie, 1893.
- MOUTIER. — Action des courants de haute fréquence sur la tension artérielle, *C. R. Acad. des Sciences*, 2 août 1897.
- ODIN. — Action des courants de haute fréquence sur quelques dermatoses, *Société de Biologie*, 3 août 1894.
- Action thérapeutique locale des courants de haute fréquence, *C. R. Acad. des Sciences*, juin 1897.

- ODIN. — Action des courants de haute fréquence dans les maladies de la peau et des muqueuses, *Annales d'électrobiologie*, 1898.
- Sur le résonateur et l'effluve de résonance, *C. R. Acad. des Sciences*, 6 juin 1898.
- Action des courants de résonance sur la circulation capillaire, *Bulletin de la Société française d'Électrothérapie*.
- PHISALIX et D'ARSONVAL. — Action des courants de haute fréquence sur les venins, *Société de Biologie*, 26 février 1896.
- QUERTON. — Action des courants de haute fréquence au point de vue physiologique, *Annales d'électrobiologie*, 1900.
- REALE et DE RENZI. — Influence des courants de Tesla sur les échanges nutritifs, *Gazetta delli ospedali e delle cliniche*, 2 novembre 1897.
- RÉGNIER ET DIDSURV. — Anesthésie dentaire par courants de haute fréquence, *C. R. Acad. des Sciences*, 24 juin 1901.
- ROBINEAU. — Thèse Paris 1900.
- SUDNICK. — Traitement électrique des névralgies, *Annales d'électrobiologie*, 1899.
- VINAJ. — Communication au Congrès d'électrobiologie de Côme, 1900.
- VINAJ ET VIETTI. — Action des courants de haute fréquence sur les échanges organiques, *Giornale di elettricità medica*, décembre 1899 (analysé in *Archives d'électricité médicale*, janvier 1901).
- VIZZIOLI. — Communication au Congrès d'électrobiologie de Côme, 1900.
- *Calorimétrie*.
- D'ARSONVAL. — Recherches calorimétriques, *Archives de Physiologie*, 1890.
- RICHT. — Article Calorimétrie du dictionnaire de Physiologie.
-

LYON

IMPRIMERIE A. STORCK & C^{ie}

Rue de la Méditerranée, 8
